

補助事業番号 2017M-105

補助事業名 平成29年度 工具折損回避機構の工作機械への展開に関する 補助事業

補助事業者名 新潟大学教育学部 金属加工研究室 平尾篤利

1 研究の概要

通常、機構部に用いられるのは、主に歯車やベルトなどの要素部品である。これらの機構は、動力伝達などに優れた特徴を有するが、歯面が直接接触するため、極限環境などでの使用には問題が生じる。本研究では、永久磁石を用いた磁気歯車方式(磁気継手方式)による非接触動力伝達の機構を構築することでドリル工具の折損回避を実現する。

2 研究の目的と背景

現在製品の高性能化、高精度化に伴い、機械部品の高精密化が進んでいる。加工技術や材料の開発が進み、機械部品にはより高い技術が要求されている。現在では $100\mu\text{m}$ 以下の微小径ドリル工具が開発され、エンジンの燃料噴射ノズルの微細深孔加工、プリント基盤への微細穴加工などに使用されている。しかし既存の微小径ドリル工具は、剛性が低い、径が微細な為に周速が得られない、といった理由から折損しやすい。特に、深穴加工では切削屑排出が困難となり、切削抵抗が上昇し、ドリル工具が折損する。ドリル工具の折損は、加工能率、経済性の向上といった観点から回避する必要がある。本研究は、微小径ドリル工具の折損を回避するために、トルクリミッタ機能を持つ微細穴加工機を開発することを目的としている。

3 研究内容(http://www.ed.niigata-u.ac.jp/~hirao/overview/H29_JKA_report.pdf)

(1)ドリル工具の折損の様子

ドリル工具の折損には、大きく2つに大別される。

1.1 ねじれ折損

ねじれ折損は、切削屑の詰まりによる切削抵抗の増大により発生する。図1にねじれによる折損箇所の概略を示す。刃長の間で折損することが多い。軸に対して、 $\pi/4$ [rad]をなす面で最大引張応力が働くため、折損断面は軸に対して、ほぼ $\pi/4$ [rad]となる。図2に実際のドリル工具がねじれ折損した様子を示す。

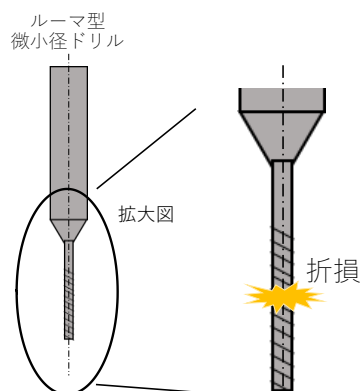


図1 ねじれによる折損箇所

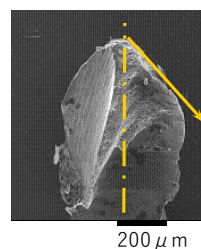


図2 ドリル工具のねじれ折損

1.2 曲げ折損

曲げ折損は、スラスト力の増大によるドリル工具の座屈現象により発生する。図3に曲げによる折損箇所の概略を示す。曲げ折損は、ドリルの根元付近で起こることが多い。また、ドリルには曲げによる引張応力が発生するため、ドリルの折損断面は軸に対して $\pi/2$ [rad]となる。図4に実際のドリル工具が曲げ折損した様子を示す。

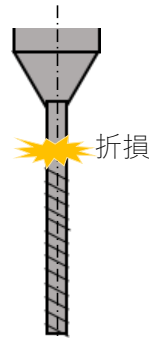


図3 曲げによる折損箇所

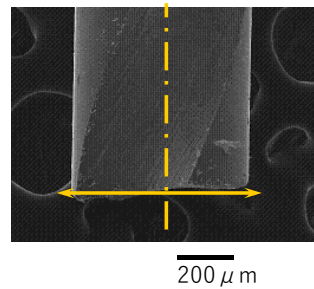


図4 ドリル工具の曲げ折損

(2) 磁気継手の磁束密度調査

磁気継手の磁束密度と回転角の関係を調査した。図5に磁束密度を測定した装置を図6に回転角と磁束密度の関係を示す。

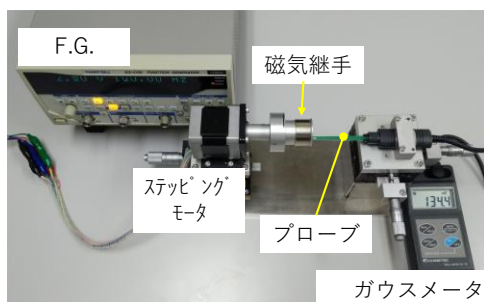


図5 磁束密度測定装置

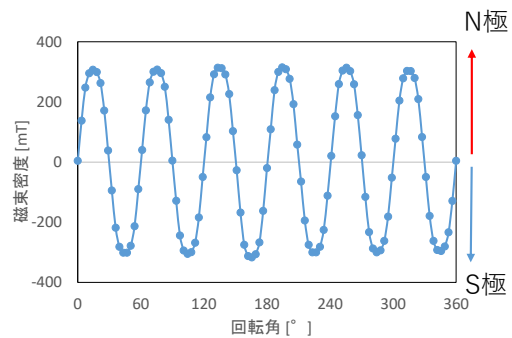


図6 回転角と磁束密度の関係

(3) 磁気歯車および磁気継手の動力伝達トルク特性

磁気継手および磁気歯車の伝達トルクと伝達距離の関係を調査した。図7に磁気継手方式の装置概略を図8に伝達距離と伝達トルクの関係を示す。図9に磁気歯車方式の装置概略を図10に伝達距離と伝達トルクの関係を示す。

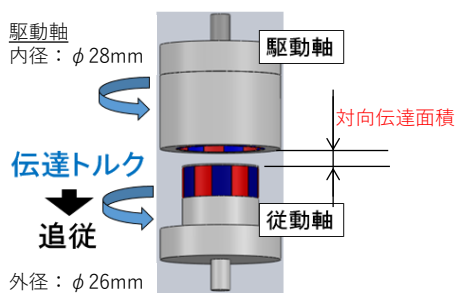


図7 磁気継手方式

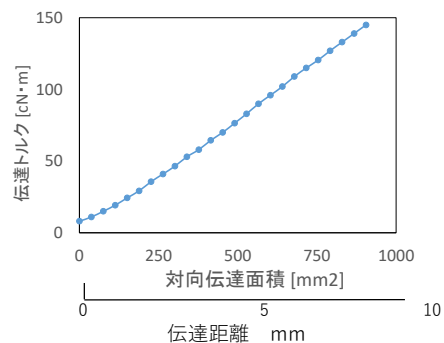


図8 磁気継手方式の伝達トルク

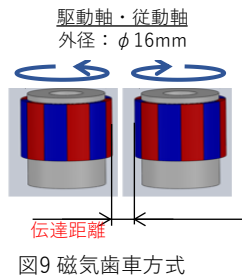


図9 磁気歯車方式

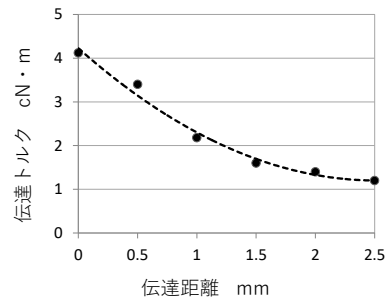


図10 磁気歯車方式の伝達トルク

(4) 工具折損回避機構の開発

本伝達機構を有する加工機を図11に示す。本装置(折損回避機構)を用いた穴加工を行い、実際にドリル工具の折損を回避した被加工物側の様子を図12に示す。本折損回避機構を用いないで穴加工し、ドリル工具が折損した様子(ドリル工具が被加工物に埋まっている様子)を図13に示す。

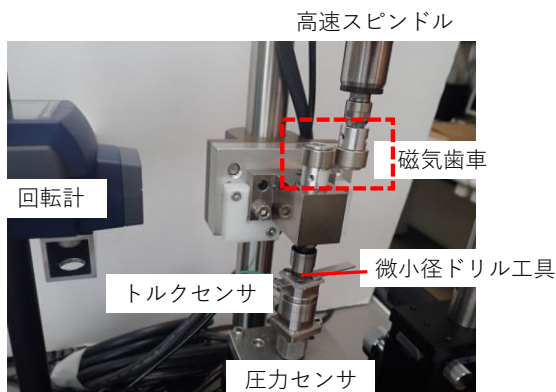
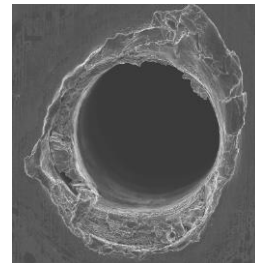
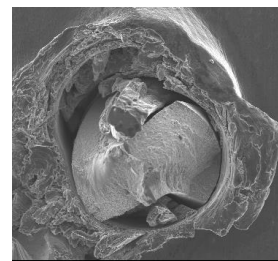


図11 工具折損回避機構を有する加工システム



200 μm

図12 ドリル工具の折損回避した際の穴の様子



200 μm

図13 ドリル工具が埋まった様子

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究は、磁気歯車を非接触動力伝達機構へ応用した内容である。工作機械などの機構部には、ボールねじが多く用いられているが、振動・騒音による高速化の限界、摩擦による発熱などの問題がある。非接触動力伝達機構を工作機械へ展開することが可能となれば、金属接触が起こらないため、高速駆動時の振動低減により、さらなる高精度加工が実現可能となり、産業界の発展につながるものと考えている。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで微小径穴加工に関する研究を実施している。研究過程で、微小径ドリル工具は、剛性が低い、径が微細な為に周速が得られない、などの理由から折損しやすいことが分かった。そこ

で今回の研究は、微小径ドリル工具の折損回避を可能とする加工機を開発した。将来的に、本システムを工作機械へ展開することを検討している。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

本研究に関する報告書をHPにて公開している。(7 補助事業に係る成果物)

平成30年11月10日 精密工学会北陸信越地区学術講演会 発表予定(信州大学)

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

工具折損回避機構の工作機械への展開に関する補助事業 報告書

微小径ドリル工具の折損回避時における主軸送り制御の試み

(http://www.ed.niigata-u.ac.jp/~hirao/overview/H29_JKA_report.pdf)

目次

第1章 序論.....	3	3.3.2 追加実験および結果.....	27
1.1 はじめに.....	3	3.3 回転計を用いた主軸送り制御.....	28
1.2 微小径ドリルの特徴.....	3	3.3.1 主軸送り制御方法.....	28
1.2.1 ドリルのねじれ折損.....	4	3.3.2 オペアンプによる反転増幅回路.....	29
1.2.2 ドリルの曲げ折損.....	5	3.3.3 回転計による主軸送り実験.....	32
1.3 本研究の目的.....	5	3.3.4 実験結果および考察.....	33
1.3.1 本研究の背景および従来研究との関連性.....	5	3.3.5 アナログ信号による制御実験.....	35
1.3.2 本研究の目的.....	6	3.4 まとめ.....	36
1.3.3 本論文の構成.....	6	第4章 結言.....	37
第2章 ねじれ折損の回避.....	7	4.1 本研究で得られた成果.....	37
2.1 はじめに.....	7	参考文献.....	38
2.2 磁気継手を用いたトルク伝達機構.....	7		
2.3 微細穴加工機.....	9		
2.3.1 加工部.....	11		
2.3.2 送り部.....	12		
2.4 磁気継手の磁束密度.....	13		
2.4.1 磁束密度の測定.....	13		
2.4.2 磁束密度の測定結果.....	15		
2.5 伝達トルクと折損トルク.....	17		
2.5.1 伝達トルクの測定.....	19		
2.5.2 伝達トルクの測定結果.....	20		
2.5.3 従動軸(小)と伝達トルク.....	21		
2.6 従動軸(小)の磁束密度と伝達トルク.....	22		
2.7 まとめ.....	24		
第3章 曲げ折損の回避.....	25		
3.1 はじめに.....	25		
3.2 磁気継手の脱調と主軸送り制御.....	25		
3.3.1 実験結果.....	26		

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 新潟大学教育学部(ニイガタダイガクキョウイクガクブ)

住 所: 〒950-2181

新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050

担 当 者: 准教授(ジュンキョウジュ)

担 当 部 署: 平尾篤利(ヒラオアツシ)

E - m a i l: hirao@ed.niigata-u.ac.jp

U R L: <http://www.ed.niigata-u.ac.jp/~hirao/>